中華農業研究（Jour. Agric. Res. China ）35(2)：145～164 (1986)

馬齒種及硬粒種玉米自交系雜種優勢及組合力之全互交分析[1]

呂宗佳　謝光照　何千里[2]　莊周瑞[3]

摘要：本試驗以四個溫帶型馬齒種（Hi25、Oh545、UH-1及Pi77—4257，分別爲代號A、B、C及D）及四個熱帶型硬粒種（ICAL210、Hi28、CM103及CM109，分別爲代號E、F、G及H），計八個玉米自交系爲材料，於民國73年春作，舉行全互交田間試驗，以探討個別玉米自交系之一般組合力，及粒型間雜交組合之特定組合力及雜種優勢，並探討13個農藝性狀與子粒產量間的關係，供育種上選育優良親本及高產雜種組合之參考。

全互交分析結果顯示，8個自交系及其28個F_1雜種的子粒產量及除穗徑外的12個農藝性狀，均有極顯著的一般及特定組合力差異。一般組合力均方，除子粒產量外，均大於特定組合力均方。

硬粒種自交系Hi28（代號F）及ICAL210（代號E），在子粒產量及其他農藝性狀，如穗位高、葉面積、穗長、穗徑、每行粒數、百粒重及脫粒率等性狀，均有較高的一般組合力效應，可爲優良雜種親本。

雜種F_1子粒產量的特定組合力效應，以Hi25×Hi28（代號A×F）、Oh545×UH-1（代號B×C）及Hi25×ICAL 210（代號A×E）等三組合較高。此等高產雜交組合，其穗位高、葉面積、稈徑、穗長、穗徑、子粒行數、每行粒數、子粒深度、百粒重及脫粒率等項之特定組合力效應，亦均較高。高產雜交組合，如A×F（1.87kg/10plants）、B×E（1.84）、D×F（1.82）及 A×E（1.74）等，均爲馬齒種及硬粒種之組合，顯示兩粒型種源間之組合，較易獲得高產之雜交種，硬粒種同粒型組合，如E×F（1.76kg/10plants）及馬齒種同粒型組合，如B×C（1.76kg/10plants）等，雖亦可獲致高產組合，但爲數較少。

馬齒種及硬粒種兩粒型種源，就組合力效應，進行比較，可發現硬粒種自交系有較佳的一般組合力效應，即晚熟而株型高大。馬齒種自交系，雖早熟而株型稍小，各性狀一般組合力效應較低，但馬齒種同粒型組合，却有較硬粒種同粒型組合爲高的葉面積、稈徑、穗長、子粒行數、每行粒數、子粒深度及脫粒率等特定組合力效應。而兩型玉米雜交的異粒型雜種組合，雖營養生長及植株性狀多數趨近於兩同粒型組合之中間值，但却明顯有較優異之株高、穗位高、稈徑、穗長、穗徑、每行粒數、子粒深度、百粒重及子粒產量等特定組合力效應，以及表現於高百粒重之雜種優勢存在。換言之，硬粒種玉米自交系具有較佳之一般組合力效應，而馬齒種玉米則具有較佳之特定組合力效應。

子粒產量除與開花期及吐絲期成極顯著負相關外，與其他農藝性狀間，均有極顯著的正相關，表示雜種的子粒產量與植株大小、葉面積、穗長、穗徑、每行粒數、子粒深度、百粒重及脫粒率等性狀有密切關係。其中依次以穗徑（r=0.792）、每行粒數（r=0.747）、百粒重（r=0.764）、穗長（r=0.663）、株高（r=0.660）及子粒深度（r=0.640）等之相關係數爲高。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1269 號。
2. 本所農藝系副研究員、助理及助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學糧作所研究生。臺灣省　臺中市。

本省地處亞熱帶，受日照、溫度及病、蟲害等環境因素的影響，常使玉米不易發揮高產潛力。然爲求有助於稻田轉作之推行，仍希望能經由育種學之研究，選育適合本省栽培環境的高產品種，使農民樂於轉作玉米。

昔日本省玉米育種工作，過於强調早熟性，由於早熟品種之植株較小，難以表現優異的雜種優勢，故產量偏低。玉米高產潛力除與種源間的雜種優勢有密切關係（呂，1983）[1] 外，農藝性狀與產量間的相關性研究，亦可供選種上的參考。

本試驗以全互交法，分析 8 個參試自交系的組合力，評估它們在育種上的利用價值。由於 8 個參試自交系中，4 個屬溫帶型美國馬齒種，另 4 個屬熱帶型古巴硬粒種，經由全互交分析，並可獲知玉米種源在粒型間的雜種優勢表現之差異，有助於高產玉米雜交組合模式之確立。

材料與方法

本試驗使用材料，計有下列 8 個自交系。茲將其代號、名稱、系譜、起源及粒型等項目，詳列如下表：

Pedigree, origin and kernel forms of the eight maize inbreds used for the experiment

Code	Inbreds	Pedigree	Origin	Kernel forms
A	Hi 25	B14A derivative	Hawaii, USA	Dent
B	Oh 545	〔(M14×187—2) Oh45〕×〔(45A×45T) Oh45〕	Ohio, USA	Dent
C	UH-1	B68 derivative	Hawaii, USA	Dent
D	Pi77—4257	Pioneer hybrid derivative	Pioneer Seed Co. USA	Dent
E	ICAL 210	Cuban flint derivative	Colombia	Flint
F	Hi 28	Peru 330 derivative	Peru/India	Flint
G	CM 103	Colombia 1×38—11	India	Flint
H	CM 109	Colombia hybrid derivative	India	Flint

上述 4 個硬粒種及 4 個馬齒種玉米自交系與其全互交（不包括反交）28個F_1組合，於1984年春作在農試所試驗田進行試驗。田間試驗採逢機完全區集設計，4 重復。小區行長 5 公尺，行株距80×25公分，3 行區，公頃株數50,000株。公頃三要素肥料量爲 $N : P_2O_5 : K_2O = 200 : 90 : 60$公斤。氮素60公斤及磷、鉀肥全量於施基肥時一次施用，另於播種後一個月及雄花抽穗之前，分別施用追肥及穗肥，計每公頃氮素用量70公斤各一次。田間管理，包括除草、中耕、培土及灌溉等項，均依照一般玉米栽培法進行。

生育期間調查各種農藝性狀，包括開花期，吐絲期、株高、穗位高、葉面積、稈徑、穗長、穗徑、子粒行數、每行粒數、子粒深度、百粒重、脫粒率及子粒產量等各項。各項農藝性狀調查方法爲：(1)開花期：係指由播種日起至小區中50%植株達雄穗始花所需之日數。(2)吐絲期：由播種日起至小區中50%植株雌穗開始吐絲所需之日數。(3)株高：爲每小區逢機 5 株由地表至雄穗主軸頂端的平均高度以 cm 表示。(4)穗位高：同上項逢機 5 株由地表至最上位雌穗基部的平均高度，以 cm表示。(5)葉面積：同上(3)項逢機 5 株由頂端下數第八片葉的長度與最寬度的乘積，再乘以0.75及9.39所獲得的 cm^2 數值之平均數。(6)稈徑：同上(3)項逢機 5 株地面第一節位中央的平均直徑，以mm表示。(7)穗長：爲小區收穫後逢機選取 5 穗，量取整穗長度的平均值，以 cm表示。(8)穗徑：同上(7)項逢機 5 穗中間部位寬度之平均值，以 cm表示。(9)子粒行數：同上(7)項逢機 5 穗，穗上子粒行數的平均值。(10)每行粒

數：同上(7)項逢機5穗，每穗逢機一行的子粒數之平均值。(11)子粒深度：同上(7)項逢機5穗脫粒後，逢機取20顆子粒，量取每粒子實縱深的平均值，以mm表示。(12)百粒重：同上(7)項逢機5穗脫粒後，逢機取200粒種子，稱重後除2之平均值，以gm表示之。(13)脫粒率：爲每小區逢機10穗之乾粒重佔乾果穗重的平均百分比。(14)子粒產量：同上(13)項每小區逢機 10 穗脫粒後之平均子粒總重量，經換算爲15.5%含水率子實重，以kg/10plants表示之。

試驗結果採用 Griffing (1956)氏[2] 模式Ⅰ、方法Ⅱ進行全互交分析，以估算各項農藝性狀的一般與特定組合力效應及雜種優勢，並估算各項性狀間及各項性狀與產量間的外表型相關係數。

結　　果

一、全互交分析

8個親本自交系與其28個全互交F_1雜種的產量及農藝性狀之變方分析結果，示如表1。14項農藝性狀均達極顯著之水準，表示基因型間具有差異存在，可進一步從事組合力分析。親本與F_1雜種之產量及農藝性狀依Griffing氏模式Ⅰ，方法Ⅱ所做之組合力分析結果，示如表2。一般組合力（GCA）及特定組合力（SCA）效應，在14項農藝性狀中，除穗徑一項外，其餘均達極顯著之水準，表示8個自交系間，具有極顯著的一般組合力差異，而28個雜種F_1間，亦具有極顯著的特定組合力差異。

GCA均方及 SCA均方之比值，除子粒產量一項外，其餘各性狀均大於1，顯示一般組合力均方成份，大於特定組合力均方成分，亦即各項農藝性狀的累加性遺傳變方，大於非累加性遺傳變方，其中尤以開花期（比值27.83）及子粒行數（比值14.56），兩性狀之比值最高。

參試親本及其雜種F_1之產量及農藝性狀試驗成績，以平均值表示，詳如表3。8個親本自交系依子粒型分爲馬齒種及硬粒種兩組，由各組之平均值顯示，硬粒種有較馬齒種開花及吐絲較遲，植株及穗位較高，葉面積較大，稈徑及穗徑較粗，果穗較長，穗上子粒行數及每行粒數較多及脫粒率及子粒產量較高等特性，僅子粒深度及百粒重兩項較馬齒種爲低。

個別自交系比較，在馬齒種中，子粒產量以Pi77—4257（代號D）爲最高，其餘依次爲 Oh545（代號B）、UH-1（代號C）及Hi25（代號A）；在硬粒種中，則以 Hi28（代號E）爲最高，其餘依次爲ICAL 210（代號E）、CM109（代號H））及CM103（代號G）。

28個F_1雜種，依硬粒種及馬齒種兩種子粒型之各種組合方式，區分爲：（1）馬齒種同粒型組合，（2）硬粒種同粒型組合，及（3）異粒型組合（即馬齒種×硬粒種）等三組。由每組之平均值顯示，硬粒種同粒型組合較馬齒種同粒型組合，有開花及吐絲較遲，植株及穗位較高，葉面積較大，稈徑及穗徑較粗，子粒行數較多，百粒重較重及子粒產量較高等特性，僅穗長、每行粒數、子粒深度及脫粒率等4項，以馬齒種同粒型組合爲高。至於異粒型組合，除每行子粒數、百粒重及子粒產量等3項較馬齒種或硬粒種之同粒型組合爲優外，其餘11項性狀，均界於兩型之中間。

玆將本試驗所獲數據，經 Griffing (1956)氏[2] 模式Ⅰ、方法Ⅱ所做之全互交分析結果，分述如下：

(一) 親本自交系之一般組合力效應：

8個親本自交系全互交分析所獲產量及農藝性狀之一般組合力效應，詳如表4。依馬齒種與硬粒種兩組自交系之平均值進行比較，可發現硬粒種自交系除子粒深度及脫粒率兩項之一般組合力效應爲負值且小於馬齒種自交系外，其餘12個性狀，均以硬粒種爲優，且均爲正值，而馬齒種之平均值却均爲負值。

子粒產量之一般組合力效應，依個別自交系進行比較，以Hi28（代號F）爲最高，其次爲 ICAL 210（代號E）及Pi77—4257（代號D），此外尙有Oh545及CM109（代號B 及H），亦均爲正值，其餘之 CM 103（代號G）、UH-1（代號C）及Hi25（代號A）等3個自交系，則均爲負值。子粒產量之一般組合力效應最高的自交系Hi28（代號 F），在農藝性狀方面，除開花期及株高兩項之一般組合力

效應爲負值外，其餘各性狀均爲正值，但該兩性狀爲負值，表示易產生開花提早及株高降低之雜種，

表1. 全互交雜種及其親本自交系之產量及農藝性狀變方分析所得均方值

Table 1. Mean squares from the analysis of variance for yield and agronomic characters of the diallel hybrids and their parental inbreds

Source	df	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
Block	3	8.4514**	2.8889	129.7315	498.0926**	30,167**	19.1134**	0.5936
Variety	35	37.6625**	34.7143**	994.8500**	957.7921**	19,296**	8.0766**	12.1508**
Error	105	1.1323	1.2508	101.6077	68.1926	3,614	3.0385	1.0619

Source	df	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	kernel number per row (kernel)	kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
Block	3	0.0079	1.0937	9.6507	0.4984*	0.6515	1.5975	0.0028
Variety	35	0.3444**	3.8668**	75.6495**	2.1628**	32.2723**	22.7544**	0.4176**
Error	105	0.0238	0.5122	5.5125	0.1652	2.3146	1.9615	0.0149

*, **significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表2. 28個全互交雜種及其8個親本自交系之產量及農藝性狀依Griffing氏模式 1 方法 2 組合力分析所得之均方值

Table 2. Mean squares from combining ability analysis, based on Griffing's Model I. Method 2, for yield and agronomic characters of the 28 diallel hybrids and their 8 parental inbreds

Source	df	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
GCA	7	36.1353**	29.6196**	415.8375**	854.7786**	6,217**	3.8229**	6.9650**
SCA	28	2.7357**	3.4433**	206.9313**	85.6154**	4,476**	1.5682**	2.0559**
Error	105	0.2831	0.3127	25.4019	17.0482	904	0.7596	0.2655
GCA/SCA		27.83	8.60	2.01	9.98	1.39	2.44	3.39

Source	df	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	kernel number per row (kernel)	kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
GCA	7	0.1224	3.7919**	26.1840**	1.2335**	8.9089**	15.6363**	0.0542**
SCA	28	0.0770	0.2604**	17.0945**	0.3675**	7.8576**	3.2017**	0.1169**
Error	105	0.0060	0.1281	1.3781	0.0413	0.5787	0.4904	0.0037
GCA/SCA		1.59	14.56	1.53	3.36	1.13	4.88	0.46

*, **significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

亦屬優良性狀。Hi28在一般組合力效應爲正值之性狀中，以稈徑、穗徑、子粒行數、子粒深度及脫粒率等項爲高；產量之一般組合力效應次佳之自交系ICAL 210（代號E），主要具有較高葉面積，穗長及百粒重等一般組合力效應，惟其開花期、吐絲期、株高及穗位高等項之一般組合力效應，均有較大之正值，表示較易產生晚熟及高大之雜種；自交系Pi77—4257（代號 D）則具有較高的子粒深度與脫粒率等一般組合力效應，均爲本試驗中之優良自交系。

子粒產量之一般組合力效應最低的自交系Hi25（代號A），除子粒深度及百粒重兩項外，其餘農藝性狀的一般組合力效應均爲負值，表示容易產生開花及吐絲早，植株及穗位低，葉面積較小，稈徑較細，穗長較短，穗徑較細，子粒行數及粒數較少及脫粒率較低之雜種。產量一般組合力效應次低的自交系 UH-1（代號C），則係受脫粒率、百粒重、每行粒數、子粒行數、穗長、穗徑及株高等一般組合力效應均爲負值所影響。自交系Oh545（代號B）及CM103（代號 G）的子粒產量之一般組合力效應也不高，可能由於多項農藝性狀的一般組合力效應均呈負值所致。值得注意的是自交系 CM109（代號H），雖各項農藝性狀的一般組合力效應，大部分爲正值，但子粒產量的一般組合力效應却不高，僅爲0.009，可能係因其營養器官之一般組合力效應過大，如株高爲9.413、穗位高爲 11.85 及葉面積爲 0.276，均較其他自交系爲高。顯示其營養生長茂盛，在春作多雨環境下，易於發生倒伏現象，以致子粒充實不良，造成子粒產量低下。此可由其偏低之脫粒率、百粒重、子粒深度等之一般組合力效應說明之。

（二）雜種F_1之特定組合力效應：

28個F_1雜種產量及農藝性狀的特定組合力效應，詳如表 5 。依硬粒種及馬齒種兩種子粒型之各種組合方式，區分爲：（1）馬齒種同粒型組合，（2）硬粒種同粒型組合，及（3）異粒型組合等三組。由各組之平均值顯示，馬齒種同粒型組合，開花期及吐絲期提早之效應（−0.704及−0.975）較硬粒種同粒型組合（−0.254及−0.317）爲大，即較易產生早熟之雜種，而異粒型組合則效應值（−0.702及−0.750）近於馬齒種同粒型組合。

在株高方面，三組粒型組合個別之平均效應，雖有異粒型組合較兩同粒型組合爲高之現象，但差異不大，表示三組粒型組合間，產生高大雜種之效應相近。穗位高之差異則較爲明顯，三組粒型組合個別平均效應，分別爲0.439、2.089及 5.327，顯示馬齒種同粒型組合產生高穗位雜種之效應不高，而異粒型組合則較兩同粒型組合之效應爲高。

在葉面積方面，效應以馬齒種同粒型組合較硬粒種同粒型組合爲高，而異粒型組合之效應值則近於馬齒種同粒型組合。在稈徑、穗長及穗徑方面，效應均以異粒型爲最高，馬齒種次之，而硬粒種最低。

穗上子粒行數，以馬齒種及硬粒種兩同粒型組合之效應相近，而異粒型組合則較爲低下。每行子粒數以異粒型組合之效應爲最高，馬齒種次之，而硬粒種則顯著低下。子粒深度以馬齒種之組合較硬粒種之組合效應爲高，而異粒型之組合效應最高。百粒重以馬齒種之組合效應最低，硬粒種之組合次之，而異粒型組合最高。脫粒率則以馬齒種同粒型組合之效應最高，異粒型組合次之，而硬粒種之組合最低。

子粒產量之特定組合力效應，與株高、穗位高、葉面積、稈徑、穗長、穗徑、子粒行數、子粒深度及百粒重等 9 個性狀相同，均以異粒型組合爲最高；惟在同粒型組合中，則以馬齒種之組合較硬粒種之組合爲高，此與開花期、吐絲期、葉面積、稈徑、穗長、穗徑、子粒行數、每行粒數、子粒深度及脫粒率等11個性狀相同。

個別雜種組合中，子粒產量之特定組合力效應較高的 7 個F_1組合，順序爲A×F（Hi25×Hi28）、B×C（Oh545×UH-1）、A×E（Hi25×ICAL 210）、C×H（UH-1×CM109）、A×H（Hi25×CM109）、A×D（Hi25×Pi77—4257）及B×E（Oh545×ICAL 210）等。其中以 B×C及A×D 兩者爲馬齒種同粒型組合，餘爲異粒型組合。此等雜種組合，其農藝性狀如穗位高、葉面積、稈

徑、穗長、穗徑、子粒行數、每行粒數、子粒深度、百粒重及脫粒率等之特定組合力效應亦均較高。子粒產量之特定組合力效應爲負值之雜種組合，如 D×H（Pi77—4257×CM109）、E×H（ICAL 210×CM109）、A×C（Hi25×UH-1）及A×B（Hi 25×Oh545）等，其各項農藝性狀之特定組合力效應，亦大多爲負值或較低下。

（三）親本自交系之一般及特定組合力變方及環境變方之估值：

關連每一親本自交系之一般及特定組合力變方估值，及以平均值爲準之環境變方估值，詳如表 6。

依據表 6 結果顯示，前述優良自交系ICAL 210（代號E）及Hi28（代號F）均具有很低的一般及特定組合力變方估值。表示兩者均易於傳遞其優異組合力於雜種F_1，而不易產生變化，極爲穩定。

自交系Hi25（代號A）則具有較高的一般及特定組合力變方估值，表示在特定組合下，才能表現較佳的效應。故自交系Hi25與自交系ICAL 210及Hi28的雜種F_1，均爲高產組合，但與其他自交系間的雜種組合，則未必亦然。一般及特定組合力變方估值，若以粒型之平均值進行比較，則大多數性狀，均有馬齒種較硬粒種之變方爲大之趨勢，表示硬粒種較易傳遞其優異組合力效應於雜種F_1，且穩定而不易產生變化；馬齒種則常在特定組合下，方才表現較佳的組合力效應，且變異較大。

二、雜種優勢

28個全互交雜種產量及農藝性狀雜種優勢百分比，詳如表 7。由表 7 顯示，在馬齒種與硬粒種兩同粒型組合間，除百粒重一項外，其餘各性狀均以馬齒種同粒型組合所表現之雜種優勢較爲優異。例如開花期及吐絲期有較大之負值，表示可較爲提早；株高及穗位高有較小之正值，表示雜種之高度較爲低下；其餘各性狀有較高之正值，表示稈徑增幅較大，子粒行數增加稍多，而葉面積、穗長、穗徑、每行粒數、子粒深度、脫粒率及子粒產量等亦均有較大幅之提高。

就同粒型及異粒型組合之平均值進行比較，則異粒型組合較同粒型組合，在株高、穗位高、稈徑、子粒深度及百粒重等性狀上有較優異之雜種優勢表現，其餘各性狀之雜種優勢表現，除穗上子粒行數一項稍低外，均介於馬齒種及硬粒種兩同粒型組合之間。

就個別雜交組合進行比較，子粒產量之雜種優勢百分比超過90%以上之雜交組合，依序計有：Oh545×UH-1（代號B×C）、Hi25×Hi28（代號 A×F）、Hi25×Pi77—4257（代號 A×D）、UH-1× CM 103（代號 C×G）、Hi25 × CM109（代號A×H）、Hi25×ICAL 210（代號A×E）及UH-1×CM109（代號C×H）等 7 個。該等組合在其他農藝性狀上，如葉面積、稈徑、穗長、穗徑、每行粒數、子粒深度及百粒重等，亦均具有較高的雜種優勢，其中 Hi25×Hi28（代號A×F）並同時兼具有優異之產量、產量特定組合力效應及產量之雜種優勢百分比。

三、農藝性狀間的相關係數

子粒產量及13個農藝性狀間的相關係數，詳如表 8。除子粒產量與開花、吐絲期成極顯著負相關外，與其他各項農藝性狀均呈極顯著正相關，其中又以穗徑（0.792）、每行粒數（0.747）、百粒重（0.764）、穗長（0.663）、株高（0.660）及子粒深度（0.640）等項爲較高。

各項農藝性狀間之相關顯示，開花、吐絲期除與株高之相關不顯著，而與穗位高呈極顯著正相關外，與其他各性狀大多均呈負相關，表示開花、吐絲提早時，有利各項性狀之發育。若將開花及吐絲期兩項性狀除外，則株高、穗位高除與脫粒率爲負相關外，與其餘各性狀均呈顯著以上之正相關；葉面積除與子粒行數及脫粒率之相關不顯著外，與其餘各性狀均有極顯著之正相關；稈徑及穗徑與其餘各性狀亦均有顯著以上之正相關。穗長除與穗位高之相關不顯著外，與其餘性狀均有極顯著的正相關。

子粒性狀間，除百粒重與行數，及行數與每行粒數呈不顯著負相關外，其餘性狀彼此間均呈極顯著正相關，顯示每行粒數、百粒重、子粒深度、脫粒率與子粒產量有密切相關。

表3. 全互交雜種與其親本自交系之產量及農藝性狀平均值

Table 3. Means of yield and agronomic characters of the diallel-cross hybrids and their parental inbreds

Combinations	Hybrids & Inbreds	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm²)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
Dent × Dent	A×B	63.25	65.25	237	103	6,853	21.75	18.03
	A×C	70.25	73.00	240	112	6,560	21.85	16.50
	A×D	66.75	69.75	253	116	6,412	22.33	18.28
	B×C	65.75	68.00	251	117	7,417	23.60	19.15
	B×D	63.25	66.50	242	100	6,398	24.58	18.50
	C×D	70.25	73.00	248	119	7,225	24.40	16.20
	Average	66.58	69.25	245	111	6,811	23.09	17.78
Flint × Flint	E×F	71.50	73.25	252	139	7,340	25.10	18.43
	E×G	66.75	71.00	246	131	7,295	22.93	17.10
	E×H	70.25	71.75	264	142	8,061	24.58	17.50
	F×G	64.75	71.50	244	135	6,566	24.80	16.20
	F×H	68.00	71.75	266	142	6,984	24.33	17.15
	G×H	68.75	72.50	253	141	6,714	25.63	16.63
	Average	68.33	71.96	254	138	7,160	24.56	17.17
Dent × Flint	A×E	67.50	70.00	258	124	7,488	23.63	18.45
	A×F	65.00	70.50	244	128	7,413	24.18	18.58
	A×G	65.50	71.50	235	117	6,703	24.60	17.43
	A×H	66.25	68.75	263	140	7,681	24.65	18.38
	B×E	64.75	68.50	242	113	7,069	24.08	20.25
	B×F	64.75	67.50	238	111	6,805	25.63	20.18
	B×G	63.25	65.50	227	109	6,358	23.80	18.55
	B×H	63.25	65.50	241	115	7,183	23.90	19.25
	C×E	71.25	72.75	257	140	7,674	23.58	18.45
	C×F	70.25	73.50	249	140	7,211	23.58	16.35
	C×G	70.00	71.75	252	138	7,484	24.55	16.88
	C×H	70.25	73.25	266	148	7,521	25.60	17.30
	D×E	70.75	73.00	263	140	7,794	22.88	18.15
	D×F	68.00	72.75	259	127	6,103	23.83	17.00
	D×G	66.50	71.75	257	130	6,759	24.68	16.55
	D×H	68.50	71.50	263	139	7,041	23.68	17.50
	Average	67.23	70.50	251	129	7,143	24.18	18.08
Dent	A	69.00	72.75	214	97	5,581	21.23	13.38
	B	64.00	68.50	215	82	5,469	23.70	18.73
	C	74.25	76.75	208	112	5,240	18.55	13.03
	D	71.75	74.75	240	108	5,299	23.28	13.58
	Average	69.75	73.19	219	100	5,397	21.69	14.68
Flint	E	74.25	77.75	233	120	6,522	22.15	17.20
	F	69.50	74.00	220	121	6,529	25.38	15.83
	G	67.25	72.00	214	118	6,527	23.58	14.13
	H	70.50	73.25	238	131	6,512	22.38	15.53
	Average	70.38	74.25	226	123	6,523	23.37	15.67
L. S. D.	5 %	1.49	1.57	14.13	11.58	840	2.44	1.44
	1 %	1.97	2.08	13.70	15.32	1,120	3.23	1.91

Combinations	Hybrids & Inbreds	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	kernel number per row (kernel)	kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
Dent × Dent	A × B	4.43	14.40	35.50	10.94	28.75	86.05	1.38
	A × C	4.40	14.20	32.00	11.48	28.53	82.65	1.26
	A × D	4.58	14.00	38.50	12.01	31.28	86.65	1.72
	B × C	4.63	13.55	43.25	11.87	30.73	87.43	1.76
	B × D	4.68	14.85	37.50	11.82	27.93	88.18	1.58
	C × D	5.00	14.75	35.75	12.76	31.78	85.73	1.65
	Average	4.62	14.29	37.08	11.81	29.83	86.12	1.56
Flint × Flint	E × F	4.90	14.75	36.50	11.90	32.58	85.00	1.78
	E × G	4.85	15.25	33.00	11.40	33.43	83.70	1.58
	E × H	4.73	14.40	35.25	10.46	31.60	82.20	1.51
	F × G	4.75	16.00	34.00	11.43	29.40	86.00	1.58
	F × H	4.95	15.85	36.25	11.57	29.75	83.28	1.66
	G × H	4.98	15.95	33.50	10.67	28.30	81.10	1.49
	Average	4.86	15.37	34.75	11.24	30.84	83.55	1.60
Dent × Flint	A × E	4.70	13.55	36.75	11.89	34.78	84.90	1.74
	A × F	4.95	15.75	36.50	12.16	33.15	85.03	1.87
	A × G	4.60	14.90	34.50	11.54	31.90	85.73	1.49
	A × H	4.65	14.40	36.75	11.42	32.30	82.33	1.68
	B × E	4.65	13.50	37.50	11.13	34.83	87.18	1.84
	B × F	4.68	13.90	40.50	11.31	32.40	87.50	1.78
	B × G	4.85	15.25	40.00	11.50	29.85	86.10	1.67
	B × H	4.65	14.35	40.25	10.91	29.65	85.48	1.72
	C × E	4.63	13.00	38.90	11.08	29.85	81.10	1.61
	C × F	4.98	14.35	39.75	11.74	30.48	82.93	1.64
	C × G	5.08	15.05	37.00	11.63	31.83	82.03	1.64
	C × H	4.95	14.65	39.25	11.83	29.90	80.98	1.72
	D × E	4.85	14.50	35.55	11.91	34.20	84.78	1.73
	D × F	5.00	16.50	38.00	12.31	29.93	85.48	1.82
	D × G	4.90	15.90	36.75	12.13	30.68	87.40	1.72
	D × H	4.88	15.75	36.25	11.77	30.40	83.35	1.69
	Average	4.81	14.17	37.76	11.64	31.63	84.52	1.71
Dent	A	3.99	13.50	21.25	10.52	26.43	79.01	0.63
	B	3.95	12.95	36.50	9.72	28.20	81.85	0.98
	C	3.95	12.85	25.00	10.23	24.55	79.68	0.73
	D	4.40	14.70	29.00	12.37	26.00	86.50	1.09
	Average	4.07	13.50	27.94	10.71	26.30	81.76	0.86
Flint	E	4.38	12.75	33.05	10.52	29.15	85.01	1.16
	F	4.60	15.50	31.50	10.91	26.38	85.13	1.20
	G	4.43	15.50	28.25	9.84	24.25	83.35	0.94
	H	4.30	14.70	30.95	10.09	23.40	81.20	1.08
	Average	4.43	14.61	32.19	10.34	25.80	83.67	1.10
L. S. D.	5 %	0.22	1.00	3.29	0.57	2.13	1.96	0.17
	1 %	0.29	1.33	4.36	0.75	2.82	2.60	0.23

表4. 8個親本自交系全互交分析所獲產量及農藝性狀之一般組合力效應

Table 4. Estimates of general combining ability effects for yield and agronomic characters of the parental inbreds in diallel-cross analysis

Kernel forms	Parental Inbreds	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
Dent	A	− 0.894	− 0.700	− 4.013	− 7.700	− 118	− 0.779	− 0.269
	B	− 3.519	− 3.750	− 8.988	− 17.875	− 243	0.151	1.629
	C	2.506	1.750	− 1.813	2.700	12	− 0.897	− 0.819
	D	0.606	0.650	6.613	− 2.475	− 312	− 0.032	− 0.574
	Average	− 0.325	− 0.513	− 2.050	− 6.338	− 165	− 0.389	− 0.008
Flint	E	1.981	1.450	5.088	5.700	432	− 0.217	0.766
	F	− 0.019	0.750	− 0.613	5.175	3	0.896	0.046
	G	− 1.144	− 0.175	− 5.688	2.650	− 51	0.491	− 0.749
	H	0.481	0.025	9.413	11.825	276	0.388	− 0.031
	Average	0.325	0.513	2.136	6.338	165	0.390	0.008
S. E. (gi-gj)		0.325	0.250	2.254	1.847	134	0.390	0.230

Kernel forms	Parental Inbreds	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	kernel number per row (kernel)	kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
Dent	A	− 0.165	− 0.323	− 2.593	0.030	0.391	− 0.654	− 0.112
	B	− 0.148	− 0.573	2.858	− 0.327	0.091	1.359	0.016
	C	− 0.038	− 0.618	− 0.303	0.067	− 0.744	− 1.584	− 0.079
	D	0.075	0.423	− 0.263	0.725	− 0.144	1.654	0.056
	Average	− 0.069	− 0.273	− 0.075	0.124	− 0.102	0.194	− 0.030
Flint	E	0.012	− 0.698	0.063	− 0.139	1.993	0.099	0.058
	F	0.147	0.668	0.558	0.205	0.081	0.744	0.100
	G	0.082	0.788	− 1.368	− 0.222	− 0.574	0.074	− 0.048
	H	0.035	0.333	1.048	− 0.339	− 1.092	− 1.691	0.009
	Average	0.069	0.273	0.075	− 0.124	0.102	− 0.194	0.030
S. E. (gi-gj)		0.034	0.160	0.525	0.091	0.340	0.313	0.027

表5. 28個全互交雜種產量及農藝性狀的特定組合力效應

Table 5. Estimates of specific combining ability effects for yield and agronomic characters of the 28 diallel-cross hybrids

Combinations	Hybrids & Inbreds	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
Dent × Dent	A × B	− 0.275	− 1.550	5.275	5.464	386	− 1.312	− 0.564
	A × C	0.700	0.700	1.200	− 6.361	− 162	− 1.165	0.358
	A × D	− 0.900	− 1.450	6.525	2.314	14	− 0.555	1.888
	B × C	− 1.175	− 1.250	17.925	8.814	819	0.655	1.111
	B × D	− 1.775	− 1.650	0.250	− 2.761	125	0.765	0.216
	C × D	− 0.800	− 0.650	− 0.925	− 4.836	697	1.638	0.363
	Average	− 0.704	− 0.975	5.042	0.439	313	0.171	0.562
Flint × Flint	E × F	1.600	− 0.200	3.400	4.264	77	0.730	0.383
	E × G	− 2.025	− 1.525	1.975	− 0.961	87	− 1.040	− 0.147
	E × H	− 0.150	− 0.975	5.375	1.114	525	0.713	− 0.464
	F × G	− 2.025	− 0.325	5.675	3.564	− 213	− 0.277	− 0.327
	F × H	− 0.400	− 0.275	13.325	1.389	− 122	− 0.650	− 0.094
	G × H	1.475	1.400	4.650	3.164	338	1.055	0.176
	Average	− 0.254	− 0.317	5.733	2.089	115	0.089	− 0.079
Dent × Flint	A × E	− 1.525	− 2.000	12.800	2.639	346	0.930	0.723
	A × F	− 2.025	− 0.800	4.500	6.914	700	0.368	1.568
	A × G	− 0.400	1.125	0.575	− 1.311	45	1.198	1.213
	A × H	− 1.275	− 1.825	13.725	12.764	694	1.350	1.446
	B × E	− 1.650	− 0.450	1.525	2.064	53	0.450	0.626
	B × F	0.350	− 0.750	2.975	0.589	217	0.888	1.271
	B × G	− 0.025	− 1.825	− 2.450	0.614	− 176	− 0.532	0.441
	B × H	− 1.650	− 2.025	− 3.800	− 2.561	322	− 0.330	0.423
	C × E	− 1.175	− 1.700	9.850	7.989	402	0.998	1.273
	C × F	− 0.175	− 0.250	7.550	8.514	368	− 0.015	− 0.107
	C × G	0.700	− 1.075	15.125	9.539	695	1.265	1.213
	C × H	− 0.675	0.225	13.775	10.364	405	2.418	0.921
	D × E	0.225	− 0.350	7.175	12.914	847	− 0.567	0.728
	D × F	− 0.525	0.100	8.375	1.189	− 416	− 0.730	0.298
	D × G	− 0.900	0.025	11.450	6.714	295	0.525	0.643
	D × H	− 0.525	− 0.425	2.350	6.289	249	− 0.372	0.876
	Average	− 0.702	− 0.750	6.594	5.327	315	0.373	0.847
SE(Sij-Sik)		0.714	0.750	6.762	5.540	403	1.169	0.691
SE(Sij-Skl)		0.673	0.707	6.375	5.223	380	1.102	0.652

Combina-tions	Hybrids & Inbreds	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	kernel number per row (kernel)	kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
Dent × Dent	A×B	0.079	0.692	−0.201	−0.118	−1.689	1.121	−0.029
	A×C	−0.056	0.537	−0.541	0.033	−1.079	0.664	−0.051
	A×D	0.006	−0.703	5.919	−0.095	1.071	1.426	0.276
	B×C	0.152	0.137	5.259	0.780	1.421	3.426	0.321
	B×D	0.089	0.397	−0.531	0.064	−1.979	0.939	0.001
	C×D	0.304	0.342	0.879	0.610	2.706	1.431	0.171
	Average	0.096	0.234	1.797	0.212	0.075	1.501	0.115
Flint × Flint	E×F	0.082	0.177	0.444	0.479	0.544	−0.066	0.114
	E×G	0.097	0.557	−1.131	0.408	2.049	−0.696	0.068
	E×H	0.019	0.162	−1.296	−0.420	0.741	−0.431	−0.059
	F×G	−0.138	−0.058	−0.626	0.094	−0.064	0.959	0.026
	F×H	0.109	0.247	−0.791	0.348	0.804	−0.001	0.044
	G×H	0.099	0.227	−1.616	−0.127	0.009	−1.506	0.027
	Average	0.045	0.219	−0.836	0.130	0.081	−0.290	0.037
Dent × Flint	A×E	0.194	−0.033	3.844	0.644	2.434	1.231	0.291
	A×F	0.309	0.802	3.099	0.575	2.721	0.711	0.379
	A×G	0.024	−0.168	3.024	0.379	2.126	2.081	0.148
	A×H	0.121	−0.213	2.859	0.376	3.044	0.446	0.278
	B×E	0.127	0.167	−0.856	0.238	2.784	1.494	0.267
	B×F	0.017	−0.798	1.649	0.082	2.271	1.174	0.164
	B×G	0.257	0.432	3.074	0.691	0.376	0.444	0.198
	B×H	0.104	−0.013	0.909	0.218	0.694	1.584	0.193
	C×E	−0.008	−0.288	3.704	−0.203	−1.356	−1.639	0.124
	C×F	0.207	−0.303	4.059	0.110	1.181	−0.459	0.114
	C×G	0.372	0.277	3.234	0.432	3.186	−0.689	0.265
	C×H	0.294	0.332	3.069	0.749	1.779	0.026	0.288
	D×E	0.104	0.172	0.314	−0.031	2.394	−1.201	0.111
	D×F	0.119	0.807	2.269	0.022	0.031	−1.146	0.159
	D×G	0.084	0.087	2.944	0.269	1.436	1.449	0.205
	D×H	0.109	0.392	0.029	0.026	1.679	−0.836	−0.120
	Average	0.152	0.103	2.327	0.286	1.674	0.292	0.192
SE(Sij-Sik)		0.103	0.480	1.575	0.273	1.021	0.940	0.082
SE(Sij-Skl)		0.098	0.453	1.485	0.257	0.962	0.886	0.077

表6. 關聯每一親本自交系之一般與特定組合力變方估値及以平均值爲準之環境變方估値

Table 6. Estimates of general and specific combining ability vaiiances associated with each parent, and estimates of the environmental variances on mean bases

Estimates of variances	Kernel forms	Parental inbreds	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
$\hat{\sigma}^2 g_i$	Dent	A	0.774	0.462	13.877	57.798	5	0.540	0.049
		B	12.356	14.035	78.552	318.023	51	-0.043	2.629
		C	6.256	3.035	1.026	5.798	-7	0.737	0.647
		D	0.342	0.395	41.502	4.633	89	-0.065	0.305
		Average	4.932	4.482	33.739	96.563	35	0.292	0.908
	Flint	E	3.900	2.075	23.659	30.998	178	-0.019	0.563
		F	-0.024	0.535	-1.847	25.288	-7	0.735	-0.021
		G	1.283	0.003	30.124	5.530	-5	0.174	0.537
		H	0.206	-0.026	86.372	138.339	68	0.084	-0.022
		Average	1.341	0.647	34.577	50.039	59	0.244	0.264
$\hat{\sigma}^2 S_{ij}$	Dent	A	2.272	2.949	111.888	44.576	245	0.327	2.837
		B	2.568	5.064	48.382	7.903	172	-0.091	0.769
		C	0.678	1.234	258.456	93.842	593	2.564	1.477
		D	1.566	1.200	64.218	42.785	254	0.017	1.447
		Average	1.771	2.612	119.485	47.277	316	0.704	1.633
	Flint	E	2.411	3.070	91.444	54.109	297	0.127	0.599
		F	1.729	0.152	105.709	31.523	61	-0.333	0.712
		G	1.798	1.337	86.310	23.818	33	0.317	0.657
		H	1.170	1.779	153.462	69.330	199	1.356	0.734
		Average	1.777	1.585	109.231	44.695	148	0.367	0.676
$\hat{\sigma}^2$	Dent	A	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		B	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		C	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		D	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		Average	0.283	0.312	25.401	17.084	90	0.759	0.265
	Flint	E	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		F	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		G	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		H	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265
		Average	0.283	0.312	25.401	17.048	90	0.759	0.265

Estimates of variances	Kernel forms	Parental inbreds	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	Kernel number per row (kernel)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
$\hat{\sigma}^2 g_i$	Dent	A	0.026	0.092	6.600	-0.002	0.101	0.384	0.012
		B	0.021	0.316	8.044	0.103	-0.042	1.803	-0.000
		C	0.001	0.370	-0.029	0.001	0.503	2.465	0.005
		D	0.005	0.167	-0.051	0.552	-0.029	2.691	0.002
		Average	0.013	0.326	3.641	0.164	0.133	1.836	0.005
	Flint	E	-0.000	0.475	-0.116	0.015	3.921	-0.033	0.003
		F	0.021	0.434	0.190	0.038	-0.044	0.510	0.009
		G	0.006	0.608	1.749	0.045	0.279	-0.037	0.001
		H	0.001	0.099	0.976	0.111	1.141	2.817	-0.000
		Average	0.007	0.404	0.700	0.052	1.324	0.814	0.004
$\hat{\sigma}^2 S_{ij}$	Dent	A	0.033	0.196	21.327	0.228	6.741	3.310	0.114
		B	0.037	0.135	7.792	0.272	3.197	6.140	0.080
		C	0.107	0.033	23.807	0.442	5.531	2.340	0.096
		D	0.039	0.193	10.879	0.054	4.681	1 207	0.064
		Average	0.054	0.139	15.951	0.249	5.038	3.249	0.089
	Flint	E	0.019	-0.013	4.285	0.161	6.510	0.835	0.055
		F	0.039	0.213	7.411	0.168	3.604	0.221	0.064
		G	0.052	0.043	7.574	0.280	5.452	1.241	0.053
		H	0.041	-0.006	2.435	0.163	4.623	0.409	0.056
		Average	0.038	0.059	5.426	0.193	5.047	0.677	0.057
$\hat{\sigma}^2$	Dent	A	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		B	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		C	0.005	0.128	1.378	0.041	0.58	0.490	0.003
		D	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		Average	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
	Flint	E	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		F	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		G	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		H	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003
		Average	0.005	0.128	1.378	0.041	0.578	0.490	0.003

表7. 28個全互交雜種產量及農藝性狀雜種優勢百分率

Table 7. Heterosis percentages for yield and agronomic characters of the 28 diallel-cross hybrids

Combinations	Hybrids & Inbreds	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm²)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
Dent × Dent	A×B	−4.887	−7.610	10.256	15.848	24.047	−3.171	12.305
	A×C	−1.919	−2.341	13.507	7.434	21.256	9.868	25.000
	A×D	−5.150	−5.423	11.686	13.096	17.877	0.337	35.621
	B×C	−4.882	−6.368	18.654	21.086	38.519	11.715	20.629
	B×D	−6.814	−7.155	6.373	6.084	18.846	4.630	14.551
	C×D	−3.767	−3.630	10.714	8.323	37.118	16.676	21.804
	Average	−4.570	−5.421	11.865	11.979	26.277	6.676	21.652
Flint × Flint	E×F	−0.521	−3.459	11.196	15.296	12.482	5.628	11.582
	E×G	−5.653	−5.175	9.720	9.989	11.804	0.273	9.177
	E×H	−2.936	−4.966	11.983	13.373	23.692	10.387	6.951
	F×G	−5.301	−2.054	12.147	12.997	0.585	1.327	8.180
	F×H	−5.594	−2.546	16.202	12.835	7.117	1.884	9.490
	G×H	−0.181	−0.172	11.602	13.366	2.989	11.534	12.141
	Average	−3.423	−3.062	12.142	12.976	9.778	5.172	9.573
Dent × Flint	A×E	−5.759	−6.976	15.436	14.549	23.743	8.933	20.686
	A×F	−6.137	−3.918	12.507	17.606	22.439	3.755	27.226
	A×G	−3.853	−1.208	9.813	8.963	10.727	9.821	26.727
	A×H	−5.017	−5.821	16.482	23.296	27.030	13.073	27.162
	B×E	−6.329	−6.324	7.803	12.546	17.916	5.016	12.734
	B×F	−2.996	−5.263	9.132	10.148	13.436	4.431	16.787
	B×G	−3.619	−6.761	5.704	9.022	5.997	0.687	12.937
	B×H	−5.947	−7.583	6.174	8.127	19.916	3.743	12.408
	C×E	−4.040	−5.825	16.534	20.734	30.491	15.847	22.084
	C×F	−2.260	−2.487	16.403	20.344	22.543	7.342	13.344
	C×G	−1.060	−3.529	19.171	20.348	27.201	16.557	24.309
	C×H	−2.936	−2.333	18.924	22.268	27.993	25.106	21.190
	D×E	−3.083	−4.262	11.205	22.772	31.872	0.715	17.952
	D×F	−6.814	−2.184	12.452	11.622	3.199	−2.055	15.646
	D×G	−4.316	−2.214	12.995	15.521	14.310	5.336	19.494
	D×H	−3.690	−3.378	9.832	16.684	19.231	3.723	20.274
	Average	−4.241	−4.379	12.535	15.909	19.878	7.627	19.435

Combinations	Hybrids & Inbreds	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	Kernel number per row (kernel)	Kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (kg/10 plants)
Dent × Dent	A×B	11.425	8.884	22.943	8.104	5.263	6.944	71.384
	A×C	10.796	7.779	38.378	10.701	11.917	4.125	85.294
	A×D	9.025	−0.709	53.233	4.931	19.313	4.665	99.710
	B×C	17.088	5.038	40.650	19.022	16.492	8.249	106.754
	B×D	11.976	7.414	14.503	6.971	3.044	4.752	52.357
	C×D	19.760	7.078	32.407	12.876	25.717	3.174	81.318
	Average	13.345	5.914	33.686	10.443	13.624	5.318	82.803
Flint × Flint	E×F	9.192	4.424	13.090	11.061	17.334	−0.117	50.264
	E×G	10.227	7.964	7.667	12.025	25.187	−0.608	50.655
	E×H	8.933	4.918	2.173	1.467	20.266	−1.127	35.123
	F×G	5.263	3.225	13.807	10.208	16.148	2.092	47.663
	F×H	11.235	4.966	7.487	10.179	19.537	0.135	45.334
	G×H	11.745	5.629	4.361	7.051	18.782	−1.428	48.074
	Average	9.433	5.188	8.098	8.665	19.542	−0.176	46.186
Dent × Flint	A×E	12.339	3.238	35.359	13.039	25.146	3.441	94.142
	A×F	15.216	8.620	38.388	13.548	25.568	3.562	103.814
	A×G	9.296	2.758	39.393	13.415	25.900	5.556	89.808
	A×H	12.149	2.127	28.496	10.846	29.653	2.729	96.486
	B×E	11.711	5.058	7.836	9.944	21.447	4.448	72.599
	B×F	9.356	−2.284	19.117	9.683	18.735	4.806	63.197
	B×G	15.820	7.205	23.552	17.565	13.822	4.237	74.379
	B×H	12.727	3.797	11.111	10.095	14.922	4.845	67.804
	C×E	11.111	1.562	34.022	6.783	11.173	−1.547	70.066
	C×F	16.374	1.234	40.707	11.034	19.685	0.637	69.689
	C×G	21.194	6.172	38.967	15.923	30.430	0.628	96.997
	C×H	20.000	6.352	28.794	16.437	24.713	0.668	90.846
	D×E	10.541	5.646	14.585	4.052	24.025	−1.180	53.385
	D×F	11.111	9.271	25.619	5.724	14.272	−0.393	58.387
	D×G	11.048	5.298	28.384	9.209	22.089	2.914	68.965
	D×H	12.126	7.142	11.624	4.764	23.076	−0.596	55.709
	Average	13.257	4.575	26.622	10.754	21.541	2.172	76.675

表8. 28個全互交雜種與其8個親本自交系之子粒產量及各項農藝性狀間的相關係數

Table 8. Correlation coefficients among grain yield and agronomic characters of the diallel-cross hybrids and their parental inbreds

Characters	Days to tasseling (day)	Days to silking (day)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaf area per plant (cm^2)	Stalk diameter (mm)	Ear length (cm)
Days to silking	0.873**						
Plant height	*0.037	— 0.067					
Ear height	0.391**	0.274**	0.675**				
Leaf area per plant	— 0.002	— 0.096	0.520**	0.489**			
Stalk diameter	— 0.193*	— 0.147	0.356**	0.245**	0.401**		
Ear length	— 0.475**	— 0.553**	0.329**	0.002	0.353**	0.322**	
Ear diameter	— 0.093	— 0.097	0.596**	0.550**	0.471**	0.388**	0.278**
Number of kernel row	— 0.154	0.002	0.239**	0.307**	0.052	0.330**	— 0.131**
Kernel number per row	— 0.372**	— 0.467**	0.475**	0.187*	0.400**	0.350**	0.769**
Kernel depth	— 0.041	— 0.038	0.507**	0.187*	0.256**	0.205*	0.163**
100-kernel weight	— 0.218**	— 0.263**	0.505**	0.304**	0.508**	0.243**	0.576**
Shelling rate	— 0.327**	— 0.371**	0.133	— 0.193*	0.069	0.182*	0.357**
Grain yield (kg/10 plants)	— 0.432**	— 0.372**	0.660**	0.405**	0.530**	0.421**	0.663**

Characters	Ear diameter (cm)	Number of kernel row (row)	kernel number per row (kernel)	kernel depth (mm)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)
Days to silking						
Plant height						
Ear height						
Leaf area per plant						
Stalk diameter						
Ear length						
Ear diameter						
Number of kernel row	0.552**					
Kernel number per row	0.465**	— 0.001				
Kernel depth	0.608**	0.308**	0.304**			
100-kernel weight	0.559**	— 0.008	0.437**	0.485**		
Shelling rate	0.284**	0.149	0.370**	0.476**	0.326**	
Grain yield (kg/10 plants)	0.792**	0.299**	0.747**	0.640**	0.764**	0.495**

*, **significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

討　論

本試驗以4個溫帶馬齒種及4個熱帶硬粒種，共計8個優良玉米自交系，進行全互交，以分析自交系組合力，探討高產玉米雜種組合模式，及子粒產量與13個農藝性狀間的關係，以供選育高產親本及雜種組合的參考。

田間試驗結果，經變方分析及全互交組合力分析，詳如表1及表2。依分析結果顯示，子粒產量與13個農藝性狀，在基因型間有極顯著的差異存在，而自交系的一般組合力（GCA）及雜種 F_1 的特定組合力（SCA），除穗徑一項外，亦均達極顯著之水平，顯示8個自交系間有極大的一般組合力差異，而28個雜種F_1組合間亦有不同的特定組合力存在。

Rojas和Sprague (1952) [5] 曾指出，GCA與SCA變方的大小可用於決定基因作用的型式。GCA變方通常包括總變方的累加性遺傳部分，而 SCA 變方則包括非累加性的作用。Inoue 和 Kaneko (1974) [3] 稱，GCA之差異主要是由於優良的累加性基因所造成，並認爲特定組合力對 F_1 子粒產量之重要性遠不如一般組合力重要。但對一般組合力已獲改良或同具有高一般組合力的一羣自交系進行雜種組合的評估，則特殊組合力將具有重要性（Rojas & Sprague, 1952；Inoue, 1984）[5] [4]。本試驗參試自交系各項性狀之GCA 均方與雜種F_1之SCA均方之比值，除產量一項外，均大於1，顯示累加性遺傳變方大於非累加性遺傳變方，即GCA效應較 SCA效應爲重要，與上述結論相符；惟產量之SCA及GCA比值小於1，有異於呂（1983）[1] 所獲之結果，可能與本試驗所採用之自交系均爲精選之優良自交系有關，如同Inoue和Kaneko（1974）[3] 所稱經選用一般組合力已獲改良之自交系，則特定組合力效應在F_1子粒產量上確有其重要性。

8個自交系中，子粒產量之GCA效應，以ICAL210（代號E）及Hi28（代號F）爲最高（表4），且子粒產量亦高（表3），均爲理想之優良親本。

28個雜種F_1之子粒產量的SCA效應，以Hi25×Hi28（代號A×F）、Oh545×UH-1（代號B×C）、Hi25×ICAL210（代號A×E）等三組合較優。上述 SCA 較高之組合，各項性狀之雜種優勢亦較高（表7）。子粒產量的GCA效應最優的兩個自交系ICAL210（代號E）及Hi28（代號F）間之雜種，屬硬粒種同型組合，雖產量亦高（1.78kg/10plants），而植株、果穗及子粒性狀等亦均極優異，但有開花、吐絲過遲及株高、穗位過高之缺點，爲硬粒種玉米在本省生長環境下之共通性；另一方面，由於兩自交系本身之產量及各項農藝性狀已極優異，反使其雜種F_1在各項性狀上之 SCA 效應較其他組合，尤其是馬齒種同粒型或硬粒種與馬齒種雜交之異粒型組合，低下甚多。上述 SCA 最高之三個雜種F_1組合，除Oh545×UH-1（代號B×C）外，餘兩個均爲馬齒種×硬粒種之異粒型組合。由於UH-1（代號C）係經改良之馬齒種，故Oh545×UH-1實際爲馬齒種×半馬齒種之組合，顯示不同粒型之雜交組合，具有較高之雜種優勢，與 Wellhausen [7] [8] 及呂 [1] 之結論相符。

子粒產量與其他農藝性狀間之相關顯示，子粒產量除與開花期、吐絲期呈極顯著負相關外，與其他農藝性狀間均呈極顯著正相關。表示在本省春作環境下，提早開花較有利於子粒產量的增加，與呂（1983）[1] 所稱秋作栽培玉米，開花期較晚者有利產量之增加，結論有異。可能由於春作開花期適逢梅雨季節，開花及授粉均受極大之影響，而較早開花的品系影響較小，造成開花及吐絲期均略爲提早之組合，其子粒產量之 SCA 亦均較高。然而該等組合在其他農藝性狀如株高、葉面積及稈徑等之 SCA 效應上並無低下的現象，表示開花期、吐絲期雖稍早，但營養生長量並未減少。因此春作之玉米品種，應以開花較早，且有較快速而旺盛的初期營養生長之雜種組合，較具高產潛力。秋作環境下，則只要不影響耕作制度，宜在農藝性狀方面考慮較晚熟、植株高大、葉面積及子粒較大等之品種（呂1983）[1]。Troyer與Hallauer（1968）[6] 曾表示，早熟而植株小者都有低產的傾向，本試驗中各高產雜種組合，雖有開花、吐絲提早之現象，然植株、果穗等性狀均稱高大，故雖早熟而不致造成低產。

子粒產量的構成因子中，除百粒重與每穗之子粒行數呈不顯著負相關外，其餘各性狀彼此間均具有極顯著之正相關，顯示每行粒數、百粒重、子粒深度與子粒產量間均有密切的關係，爲玉米產量選拔上宜加重視之性狀。

本試驗於進行全互交組合力分析時，曾將產量及各項農藝性狀，依粒型將親本分爲馬齒種及硬粒種兩型，而將雜種F_1分爲馬齒種同型組合，硬粒種同型組合，及馬齒種×硬粒種之異粒型組合等各組，進行比較。結果發現，在親本之營養生長性狀上，馬齒種有較硬粒種爲早熟而矮小之現象，即株高及穗位較低、葉面積較小及稈徑、穗長、穗徑亦均較小；另在雜種F_1之比較上，亦有相同之趨勢；惟在馬齒種×硬粒種之異粒型組合與兩同粒型組合之比較上，則異粒型組合之上述各性狀，均有介於兩同粒型組合中間之趨勢，使異粒型雜種成爲中熟而高度適中之理想株型。至於在子粒性狀及產量之比較上，則馬齒種玉米自交系之產量亦較硬粒種爲低下，可能由於粒數較少所致，惟子粒深度及百粒重，則仍以馬齒種自交系爲較優。至於異粒型組合之雜種F_1子粒產量較兩同粒型組合爲優異，則主要由於百粒重增加特別明顯之故，其生理原因，涉及子粒充實特性之差異，將待進一步試驗，加以探討。

參考文獻

1. 呂宗佳，1983。玉米測交與全互交分析。中華農業研究32（4）：312--324。
2. Griffing, B., 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian J. Biol. Sci. 9 : 463-493.
3. Inoue, Y. and K. Kaneko, 1974. The relationship between genetic divergence in the inbred lines of maize and F_1 yielding ability, and also, the specific combining ability effects. Res. Bull., Hokkaido Nat. Agric. Exp. Sta. 108 : 107-115.
4. Inoue, Y., 1984. Specific combining ability between six different types of maize (*Zea mays* L.) obtained from a diallel set of eleven open-pollinated varieties. Japan. J. Breed. 34 : 17-28.
5. Rojas, B. A. and G. F. Sprague, 1952. A comparison of variance components in corn yield trials: III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. J. 44 : 462-466.
6. Troyer, A. F. and A. R. Hallauer, 1968. Analysis of a diallel set of early flint varieties of maize. Crop Sci. 8 : 581-584.
7. Wellhausen, E. J., 1965. Exotic germplasm for improvement of Corn Belt maize. Proc. 20th Annu. Hybrid Corn Ind., Res. Conf., pp. 31-45.
8. Wellhausen, E. J. 1978. Recent developments in maize breeding in the tropics. In Maize Breeding and Genetics, D. B. Walden, ed., pp. 59-84. Wiley, New York.

Analysis of Diallel Sets of Dent and Flint Maize Inbreds for Combining Ability and Heterosis[1]

Tzong-chia Lee, Guang-jauh Shieh, Chan-lee Ho[2] and Jou-ruey Juang[3]

Summary

Each of four U. S. dent (Hi25, Oh545 , UH-1 and Pi77—4257, respectively coded by A, B, C and D) and tropical flint (ICAL210, Hi28, CM103 and CM109, respectively coded by E, F, G and H) maize inbreds were analysed in a diallel set for combining ability, heterosis, and the correlations among yield and 13 agronomic traits. Eight parental inbreds and their 28 F_1 hybrids were included. Experiment was conducted in replicated blocks during spring crop 1984 at TARI.

Diallel-cross analysis indicated that general and specific combining abilities were highly significant for yield and 12 agronomic traits except ear diameter. GCA was more significant than SCA for most characters except grain yield in these diverse germplasm. Flint inbreds Hi 28 (code by F) and ICAL 210 (code by E), both had significantly high GCA effects in yield as well as ear height, leaf area, ear length, ear diameter, kernel number per row, 100-kernel weight and shelling rate etc., were the most promising inbreds in this experiment for developing high yield hybrids.

Hybrids Hi25×Hi28 (A×F by code), Oh545×UH-1 (B×C by code) and Hi25×ICAL 210 (A×E by code) has significantly high SCA effects in grain yield as well as ear height, leaf area, stalk diameter, ear length, ear diameter, number of kernel rows per ear, kernel number per row, kernel depth, 100-kernel weight and shelling rate etc..

Most of the high yield hybrids, such as A×F (1.87 kg/10 plants), B×E (1.84), D×F (1.82) and A×E (1.74) etc. , were coming from the combination of "dent×flint". This indicated that hybrids derived from such crossing pattern were much more easier to display high yield potential. Although the combinations of "flint×flint", such as E×F (1.76 kg/10 plants), or "dent×dent", such as B×C (1.76kg/10 plants), could also obtain high yield hybrids, however, their frequencies were quite low.

The comparisons of dent to flint inbreds for combining ability effects showed that flint were better than dent inbreds in GCA, for they often had later and taller hybrids. on the other hand, although dent inbreds had earlier and shorter hybrids and were lower in GCA for most of the agronomic traits, dent hybrids (dent×dent) were better than

1. Contribution No. 1269 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Agronomist, Assistant and Assistant respectively, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien , Taiwan, 431, ROC.

3. Graduate student, Department of Agronomy, Chungshing University.

flint hybrids (flint×flint) in SCA for traits such as leaf area, stalk diameter, ear length, number of kernel rows per ear, kernel number per row, kernel depth and shelling rate etc. Hybrids from the cross of dent and flint had most of their vegetative traits inbetween dent and flint hybrids, they had significantly better SCA in plant height, ear height, stalk diameter, ear length, ear diameter, kernel number per row, kernel depth, 100-kernel weight and grain yield as well as higher heterosis in 100-kernel weight. In other words, flint inbreds had better performances in GCA while dent inbreds in SCA effects.

Correlation coefficients among yield and eleven agronomic traits were all positive and highly significant except days to tasseling and silking, which were highly and negatively correlated with yield, indicating that high yield hybrids were associated with taller plants and greater leaf area, ear length, ear diameter, kernel number per row, kernel depth, 100-kernel weight and shelling rate. Among those traits, ear diameter ($r=0.792$), kernel number per row ($r=0.747$), 100-kernel weight ($r=0.764$), ear length ($r=0.663$), plant height ($r=0.660$) and kernel depth ($r=0.640$) etc. were more important.